



## Produksi Barbel Cor 5 kg, Panjang 23 cm, Diameter Pegangan 3 cm, Kapasitas 2 Biji/Jam

Kaulan Syadid<sup>1</sup>, Syamsul Hadi<sup>2\*</sup>, Moch Rexy Satrianto<sup>3</sup>, Muhammad Raditya  
Cantona<sup>4</sup>, Rio Citra Kusuma<sup>5</sup>

<sup>1-5</sup>Program Studi Diploma IV, Teknik Mesin Produksi dan Perawatan, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri  
Malang, Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi Doktor Terapan, Optimasi Desain Mekanik, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang,  
Indonesia

Email: [kaulansyadid06@gmail.com](mailto:kaulansyadid06@gmail.com), [syamsul.hadi@polinema.ac.id](mailto:syamsul.hadi@polinema.ac.id), [mochrexyatria@gmail.com](mailto:mochrexyatria@gmail.com),  
[raditcantona123@gmail.com](mailto:raditcantona123@gmail.com), [riocitra3@gmail.com](mailto:riocitra3@gmail.com)

\*Penulis Korespondensi: [syampol2003@yahoo.com](mailto:syampol2003@yahoo.com)

**Abstract.** Sports equipment Barbells made of cement concrete require more volume than barbells made of cast iron as a problem faced. The production goal is to produce a 5 kg barbell, measuring a total length of 23 cm, a handle length of 13 cm, a diameter of 3 cm and a load diameter of 9 cm. Production methods include: barbell design; sand mold design; making sand molds for one print to obtain 2 units; preparation of labor; preparation of raw materials for cast iron, coke, limestone, ladle / carrier kowi, pouring molten cast iron into the mold, and adhesive / binder; melting cast iron; pouring cast iron into the heated mold; dismantling the mold and cutting the pouring bowl and riser; checking the weight of the barbell and its correction; finishing with spray paint according to the order; and checking the quality, dimensions, and packaging. The production results are in the form of a barbell weighing 5 kg 20 g with a total length of 23 cm and a handle diameter of 3 cm x 13 cm, a barbell load diameter of 9 cm, a total production cost of IDR 50,000 / unit, and a production duration of 30 minutes / unit which implies that the production of barbells is feasible to be carried out by medium to large industries / businesses, because it requires sufficient capital, especially for the cost of the Kupola furnace.

**Keywords:** barbell; cast iron; cupola; medium-scale industry; sports equipment.

**Abstrak** Alat olahraga Barbel yang terbuat dari beton semen membutuhkan lebih banyak volume daripada barbel yang terbuat dari besi cor sebagai permasalahan yang dihadapi. Tujuan produksi untuk menghasilkan Barbel seberat 5 kg, berukuran Panjang total 23 cm, panjang pegangan 13 cm berdiameter 3 cm dan diameter beban 9 cm. Metode produksi meliputi: desain Barbel; desain cetakan pasir; pembuatan cetakan pasir untuk sekali cetak diperoleh 2 unit; penyiapan tenaga kerja; penyiapan bahan baku besi cor, kokas, batu kapur, ladle/kowi pembawa, penuang besi cor cair ke dalam cetakan, dan perekat/binder; peleburan besi cor; penuangan besi cor ke dalam cetakan yang telah dipanaskan; pembongkaran cetakan dan pemotongan mangkok tuang dan riser; pemeriksaan berat barbel dan koreksinya; finishing dengan semprot cat warna sesuai pesanan; dan pemeriksaan mutu, dimensi, dan pengemasan. Hasil produksi berupa Barbel seberat 5 kg ± 20 g panjang total 23 cm dan diameter pegangan 3 cm x 13 cm, diameter beban barbel 9 cm, total biaya produksi Rp 50.000,-/unit, dan durasi produksi 30 menit/unit yang berimplikasi bahwa produksi Barbel layak dilaksanakan oleh industri/usaha menengah ke atas, karena memerlukan modal yang cukup terutama untuk biaya dapur Kupola.

**Kata kunci:** Barbel; Besi cor; Industri skala menengah; Kupola; Peralatan olahraga.

### 1. LATAR BELAKANG

Perkembangan industri olahraga dan kebugaran saat ini mengalami peningkatan yang cukup pesat. Kebutuhan masyarakat terhadap peralatan olahraga, khususnya barbel, semakin tinggi seiring meningkatnya kesadaran atas pentingnya menjaga kesehatan dan kebugaran tubuh. Salah satu jenis barbel yang banyak digunakan di rumah adalah barbel berbahan beton semen karena memiliki harga yang relatif terjangkau dan proses produksinya relatif mudah, tetapi kendala Barbel yang terbuat dari beton semen membutuhkan tempat yang lebih banyak

dikarenakan beton semen mempunyai massa jenis yang rendah yaitu  $2,4 \text{ g/cm}^3$  yang membuat barbel dari beton semen mempunyai sifat yang kurang padat, sehingga mengakibatkan barbel kurang tahan lama dan mudah kropos yang kemudian mengurangi berat dari barbel tersebut. Karena alasan tersebut diproduksi barbel dari bahan besi cor, karena massa jenis yang lebih tinggi yaitu  $7,8 \text{ g/cm}^3$  yang membuat barbel besi cor mempunyai volumenya lebih kecil dan mempunyai ketahanan lebih kuat yang membuatnya dapat bertahan lebih lama. Sebagai perbandingan, barbel dari besi cor dengan berat 5 kg mempunyai volume lebih kecil 67% daripada beton semen.

Tujuan produksi untuk memperoleh volume barbel yang lebih kecil agar penyimpanan barbel lebih mudah, praktis, dan membutuhkan lebih sedikit tempat, karena besi cor juga sebagai logam yang harganya relatif murah, tepat dipilih sebagai bahan barbel daripada logam lainnya atau dari bahan beton semen yang memakan tempat penyimpanan dan daya tahannya yang kurang.

Barbel dikenal sebagai alat latihan beban berbentuk batang pendek yang didesain untuk digenggam dengan satu tangan pada masing-masing sisinya. Alat tersebut biasanya memiliki beban tetap yang menyatu dengan batangnya, namun ada juga jenis yang bebannya dapat dibongkar pasang sesuai kebutuhan pengguna. Industri pengecoran logam di Indonesia memiliki akar sejarah yang sangat kuat, salah satunya tercermin dalam teknik seni cor logam tradisional di Desa Bejjong, Mojokerto yang menggunakan media cetakan tanah dan lilin sebagai identitas budaya Nusantara (Styono, 2024) yang menunjukkan meskipun teknik tradisional tersebut mampu menghasilkan karya bernilai seni tinggi, proses pembuatannya secara manual sering kali menghadapi kendala efisiensi waktu, yang mana tahap pembuatan pola saja dapat menyerap hingga 70% dari total durasi produksi dan pelatihan pembuatan pola menggunakan aplikasi desain untuk meningkatkan presisi dan efisien siklus kerja pengecoran (Yusuf dkk., 2024) yang menegaskan bahwa pembuatan pola membutuhkan waktu yang lama dan menegaskan dibutuhkan pelatihan dasar desain produk.

Selain efisiensi pola, pemilihan jenis cetakan menjadi faktor penentu dalam menjaga ritme produksi massal yang konsisten. Penggunaan cetakan permanen (*permanent mold*) berbahan besi cor ulet/*Ferro Cast Ductile* (FCD) menawarkan solusi jangka panjang dibandingkan cetakan sekali pakai, karena semakin banyak kebutuhan terhadap bahan (Wisnujati dkk., 2021) yang menjelaskan bahwa penggunaan cetakan permanen lebih efisien daripada cetakan sekali pakai. Penggunaan bahan *scrap* atau limbah logam besi sering menjadi pilihan ekonomis untuk memproduksi barang fungsional untuk barbel, namun memerlukan

pengawasan ketat karena mutu bahan baku yang buruk dan rapuh dapat memicu tingginya angka cacat produk (Muhsin, 2016) yang menyebutkan bahwa penggunaan bahan limbah logam lebih ekonomis cocok untuk mencari biaya produksi yang rendah. Permasalahan mutu bahan baku tersebut secara langsung berdampak pada kinerja departemen permesinan (*machining*), yang mana rendahnya mutu benda kerja menyebabkan penurunan nilai efektivitas peralatan secara keseluruhan (*Overall Equipment Effectiveness*) akibat banyaknya produk yang harus ditolak (*reject*). Untuk memproduksi barbel dengan kapasitas 2 biji/jam, diperlukan sinergi antara adopsi teknologi pola digital, penggunaan cetakan permanen yang presisi, serta pengendalian mutu bahan baku yang standar. Melalui integrasi aspek-aspek tersebut, diharapkan proses produksi tidak hanya sekadar melestarikan tradisi pengecoran, tetapi juga mampu memenuhi standar produktivitas dan mutu industri modern secara berkelanjutan.

## 2. KAJIAN TEORITIS

Proses pengecoran logam (*casting*) merupakan satu diantara teknik manufaktur tertua, namun tetap relevan, yang mana logam dipanaskan hingga mencair dalam tungku peleburan dan kemudian dituangkan ke dalam rongga cetakan yang desainnya telah disesuaikan dengan bentuk akhir produk untuk barbel berdimensi panjang 30 cm dan diameter 10 cm (Andika dkk., 2021) yang menegaskan bahwa pengecoran logam cocok untuk pembuatan barbel. Keberhasilan dalam menghasilkan produk cor yang presisi sangat bergantung pada pemahaman mendalam mengenai karakteristik aliran logam cair dan bagaimana interaksinya dengan dinding cetakan. Dalam perkembangannya, para produsen pengecoran terus berupaya melakukan inovasi, baik dari sisi komposisi bahan maupun metode perlakuan panas, demi menekan munculnya cacat coran dan potensi bahaya saat bekerja (Mulyojati & Yuamita, 2023) yang menunjukkan perlunya pemahaman mengenai karakteristik bahan untuk menghasilkan produk yang sesuai keinginan.

Satu diantara parameter fisik yang paling krusial dalam menentukan mutu internal produk cor adalah pengendalian temperatur cetakan. Temperatur cetakan memiliki pengaruh langsung terhadap laju pembekuan dan kecairan (*fluidity*) logam saat mengisi rongga cetakan. Secara teoretis, terdapat korelasi negatif yang signifikan antara temperatur cetakan dengan tingkat porositas atau pembentukan rongga udara di dalam bahan. Fenomena tersebut didukung oleh data penelitian yang menunjukkan bahwa pada temperatur cetakan senilai 25°C, tingkat porositas cukup tinggi dengan ditemukannya 81,5 rongga, namun ketika temperatur cetakan ditingkatkan menjadi 225°C, jumlah rongga tersebut menurun secara drastis hingga mencapai angka 12,5 (Hapsari dkk., 2023) yang menjelaskan semakin tinggi temperatur cetakan, maka

jumlah rongga semakin menurun yang mengindikasikan bahwa untuk produk barbel berdiameter 9 cm yang memiliki massa cukup besar, pemanasan awal pada cetakan sangat diperlukan guna menjamin kepadatan struktur logam dan akurasi berat produk akhir (Akbar dkk., 2025). Pernyataan tersebut menegaskan dibutuhkan pemanasan awal pada cetakan sesuai dengan teori awal.

Selain aspek termal, integritas mekanis dari barbel seberat 5 kg juga sangat ditentukan oleh mutu bahan baku yang digunakan dalam proses peleburan. Banyak industri pengecoran memanfaatkan besi bekas (*scrap*) sebagai bahan utama karena efisiensi biayanya, namun jenis *scrap* yang digunakan baik *scrap* plat, *return*, maupun kombinasi keduanya terbukti memberikan pengaruh yang nyata terhadap komposisi kimia dan nilai kekerasan besi cor yang dihasilkan (Saputra dkk., 2025) yang menunjukkan banyak jenis besi buruk untuk pilihan bahan barbel. Penggunaan tungku induksi dengan temperatur operasional yang mencapai  $\pm 1400^{\circ}\text{C}$  menjadi standar penting untuk memastikan peleburan bahan *scrap* terjadi secara sempurna, sehingga homogenitas logam cair tetap terjaga sebelum proses penuangan dilakukan.

Dari sisi produktivitas, pencapaian target kapasitas produksi senilai 2 biji/jam memerlukan efisiensi pada tata letak fasilitas produksi. Penataan fasilitas yang buruk sering menyebabkan hambatan pada alur kerja dan meningkatkan risiko kecelakaan kerja. Dalam operasional pengecoran, jarak antara tungku peleburan dengan area cetakan harus dioptimalkan peletakan cetakan yang terlalu jauh dapat menyebabkan viskositas logam berubah secara prematur sebelum pengisian rongga cetakan selesai, yang pada akhirnya meningkatkan jumlah produk cacat (Murnawan dkk., 2020) yang menegaskan jarak antara tungku peleburan dengan area cetakan harus dioptimalkan agar menghindari kecacatan produk. Oleh karenanya, desain ulang tata letak yang mengacu pada aliran proses yang linier dan teratur menjadi strategi kunci untuk meningkatkan produktivitas tanpa mengabaikan aspek keselamatan kerja (Irawan & Hermanto, 2023). Dengan mengintegrasikan kontrol temperatur cetakan yang tepat, pemilihan bahan baku yang bermutu, serta pengaturan fasilitas yang efisien, proses produksi barbel dapat berjalan secara optimal dengan mutu struktur yang padat dan ritme produksi yang konsisten.

Dalam ekosistem manufaktur modern, pengecoran logam didefinisikan sebagai proses penuangan logam cair ke dalam rongga cetakan yang didesain khusus untuk menghasilkan bentuk geometri akhir produk jadi (Sembiring dkk., 2024) yang menjelaskan definisi pengecoran dalam ekosistem manufaktur modern. Pengaruh temperatur terhadap bahan sangat berpengaruh terhadap hasil akhir, jika ingin menghasilkan produk yang sesuai keinginan, maka harus dapat mengatur temperatur yang sesuai (Widyansyah dkk., 2023) yang menegaskan

perlunya pengetahuan mengenai perlakuan panas pada bahan. Keberagaman teknik pengecoran, yang secara garis besar diklasifikasikan menjadi metode cetakan tetap (*permanent mold*) dan cetakan sekali pakai (*expendable mold*), memberikan fleksibilitas bagi produsen untuk memilih metode yang paling efisien berdasarkan kerumitan desain dan volume produksi (Andika & Subekti, 2022) yang menunjukkan terdapat 2 macam metode, tetapi yang paling cocok untuk pembuatan barbel adalah *permanent mold*. Sebagai contoh, teknik *sand casting* tetap menjadi pilihan utama untuk pembuatan komponen untuk gagang sendok bayi karena kemampuannya membentuk detail yang spesifik pada biaya yang relatif rendah, tetapi tidak cocok untuk produk massal (Nurfajrie dkk., 2024) yang menunjukkan *sand casting* biaya relatif, tetapi tidak cocok untuk produksi massal karena tidak efisien. Selain hal tersebut, efektivitas pekerjaan dibutuhkan untuk menghasilkan produk yang maksimal karena permintaan produk yang butuh produksi cepat (Nadi dkk., 2022) yang menunjukkan efisien lebih penting daripada detail spesifik cocok untuk produksi massal yang tidak membutuhkan detail tinggi.

Aspek krusial yang menentukan keberhasilan produksi barbel kapasitas 2 biji/jam adalah manajemen termal selama proses penuangan. Pemanasan awal atau *preheating* pada cetakan permanen berfungsi untuk meminimalisir perbedaan temperatur yang ekstrem antara cetakan dengan logam cair, yang jika diabaikan dapat memicu cacat struktural (Haris dkk., 2024) yang menjelaskan hal yang perlu diperhatikan adalah manajemen termal karena waktu produksi yang sedikit. Secara spesifik, temperatur *preheating* memiliki pengaruh nyata terhadap mutu hasil cor; peningkatan temperatur hingga 200°C terbukti tidak hanya mencegah cacat penyusutan yang signifikan, tetapi juga dapat memperbaiki kerapatan struktur mikro *dendrite*. Sebaliknya, penggunaan temperatur yang terlalu rendah, pada 125°C hingga 150°C, berisiko tinggi menyebabkan munculnya cacat *hot tearing* dan penyusutan yang dapat merusak integritas fisik produk.

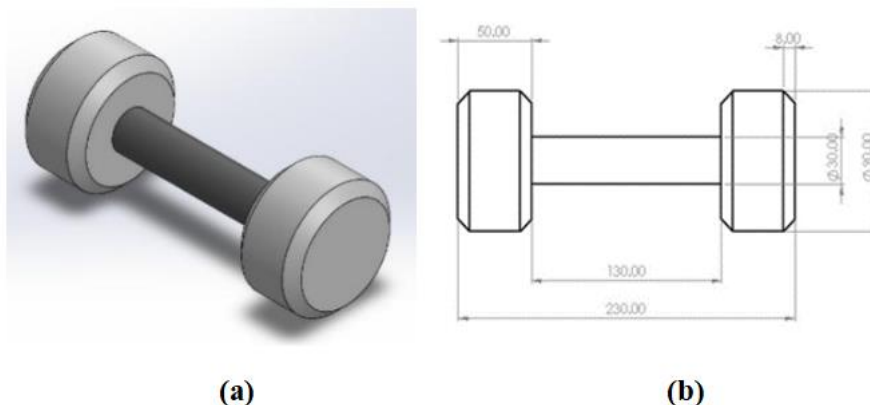
Selain pengendalian temperatur, identifikasi potensi cacat melalui berbagai media cetakan menjadi landasan penting dalam produksi manufaktur. Eksperimen menggunakan media cetakan alternatif, pelumasan juga dibutuhkan agar produk tidak mengalami kecacatan ketika proses pengecoran (Cahyono dkk., 2022) yang menunjukkan diperlukan eksperimen untuk menemukan cetakan yang sempurna dari hasil beberapa eksperimen yang menunjukkan bahwa pemahaman terhadap rongga cetak (*cavity*) dan alur penuangan sangat menentukan tingkat keberhasilan pengisian logam cair sesuai desain yang diinginkan. Dengan mengintegrasikan teknik pengecoran yang tepat baik melalui *sand casting* untuk fleksibilitas pola maupun cetakan permanen dengan kontrol *preheating* yang ketat target produksi barbel dengan dimensi panjang 23 cm dan diameter 9 cm dapat dicapai dengan mutu permukaan yang

halus dan kepadatan bahan yang optimal. Penekanan pada variabel-variabel termal dan pemilihan metode cetakan tersebut menjadi rujukan utama untuk menjamin efisiensi alur kerja dan mutu produk dalam proses pengecoran logam kontemporer.

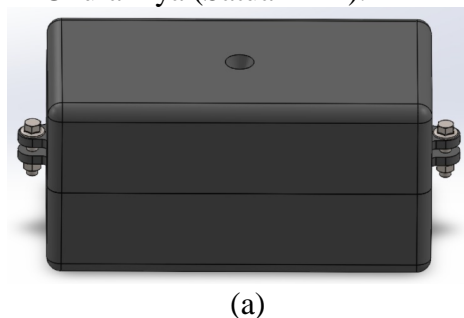
### 3. METODE PRODUKSI

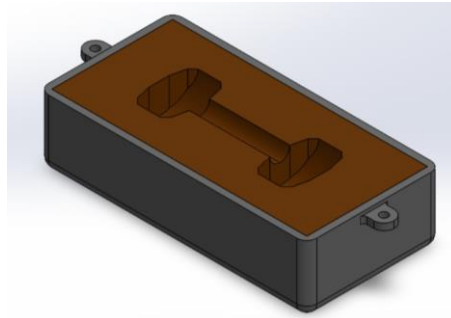
Metode produksi yang diterapkan dalam analisis proses produksi pada industri pengecoran logam bertujuan untuk mengkaji alur pembuatan barbel seberat 5 kg dengan dimensi panjang 23 cm dan diameter 9 cm, dan evaluasi berbagai variabel teknis yang memengaruhi mutu produk dan efisiensi waktu demi mencapai kapasitas 2 biji/jam. Analisis komprehensif yang mencakup pemilihan bahan scrap, optimasi desain menggunakan teknologi digital, penerapan temperatur pemanasan awal pada cetakan permanen untuk menjamin kepadatan struktur, hingga evaluasi kinerja permesinan guna memastikan kelancaran ritme produksi dan mutu akhir produk yang konsisten.

Desain barbel cor 5 kg, panjang 23 cm, diameter pegangan 3 cm dan ukurannya sebagaimana Gambar 1 dan Cetakan pasir barbel sebagaimana Gambar 2.



**Gambar 1.** Desain Barbel Cor 5 kg, Panjang 23 cm, Diameter Pegangan 3 cm dan Ukurannya (Satuan mm).





(b)

**Gambar 2.** Cetakan Pasir Produk Barbel 5 kg: (a) Saat Sepasang Rangka Cetak Atas dan Rangka Cetak Bawah Ditangkupkan, dan (b) Cetakan Sebelah Bawah.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Desain barbel seberat 5 kg dengan spesifikasi panjang 23 cm dan diameter 9 cm menitikberatkan pada stabilitas cetakan untuk menghasilkan produk yang seragam yang mana pemilihan teknik pengecoran sangat menentukan mutu permukaan; metode *permanent mold casting* dipilih karena kemampuannya menghasilkan ketelitian dimensi yang sesuai dengan berat yang diinginkan dibandingkan dengan metode cetakan pasir konvensional (Andika & Subekti, 2022) yang menegaskan metode cetakan permanen lebih unggul karena bisa menentukan berat yang sesuai. Desain cetakan permanen tersebut dimodelkan menggunakan perangkat lunak SolidWorks untuk menghitung distribusi massa dan titik angkat (*clamping*). Untuk mendukung manajemen limbah di area bengkel, sistem operasional dilengkapi dengan alat penghancur cetakan berkapasitas 15 kg yang didesain khusus untuk mendaur ulang bahan sisa inti cor (*core*), sehingga efisiensi ruang dan bahan dapat terjaga (Mulyanto dkk., 2021) yang memberikan saran unruk melengkapi bengkel dengan penghancur cetakan berkapasitas 15 kg yang didesain khusus untuk mendaur ulang bahan sisa inti untuk efisiensi.

Proses pembentukan barbel dimulai dengan tahap penuangan logam cair ke dalam rongga cetakan (*cavity*). Untuk mendapatkan mutu permukaan yang optimal dan meminimalkan cacat, penggunaan cetakan alternatif berbasis campuran pasir silika 85% dan bentonit 15% pada bagian inti terbukti menghasilkan konsistensi yang baik dan daya tahan tinggi terhadap tekanan logam cair (Massa dkk., 2025) yang merekomendasikan penggunaan pasir silika sebagai cetakan karena menghasilkan konsistensi yang baik dan daya tahan tinggi terhadap tekanan logam cair. Selama proses penuangan, kontrol temperatur sangat krusial; cetakan harus melalui tahap *preheating* untuk mencegah terjadinya *cold shut* atau pembekuan prematur. Analisis menunjukkan bahwa campuran bentonit yang tepat memberikan sifat "mampu bentuk" yang tinggi, sehingga detail pola diameter 9 cm pada barbel dapat tereplikasi

dengan sempurna tanpa retakan. Di sisi lain, lingkungan kerja pengecoran yang ekstrem menuntut penerapan standar Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) yang ketat. Temperatur harus diatur sesuai dengan kekuatan bahan hingga mendapatkan hasil yang sesuai (Fan dkk., 2023) yang menegaskan K3 mengingat tingginya paparan panas dan debu di area tungku, penggunaan Alat Perlindungan Diri (APD) lengkap untuk sarung tangan tahan panas dan masker respirator adalah wajib untuk mencegah kecelakaan kerja dan penyakit pernapasan akibat silika (Daryanto dkk., 2023) yang menambahkan risiko penyakit jika tidak mengikuti standar K3.

Untuk mencapai target kapasitas produksi senilai 2 biji/jam, dilakukan analisis *time study* terhadap setiap elemen kerja. Penggunaan cetakan permanen memberikan keuntungan signifikan dalam memangkas waktu persiapan dibandingkan metode cetakan pasir yang memerlukan waktu lama dalam pembuatan cetakan baru untuk setiap siklus. Dibutuhkan perkiraan waktu yang sudah diperhitungkan untuk menentukan kekerasan akhir sebuah produk (Fahmi & Zamrudy, 2021) yang menunjukkan bahwa cetakan permanen lebih efisien memangkas waktu cocok untuk produksi barbel 2 biji/jam. Selain hal tersebut variasi pendingin juga berpengaruh dengan kekuatan hasil cor, terdapat banyak pilihan pendinginan yang cocok untuk pembuatan barbel (Ningsih dkk., 2024) yang menjelaskan pemilihan pendinginan sangat penting karena berpengaruh terhadap kekerasan bahan, juga pemanasan cetakan perlu diperhatikan untuk hasil cor yang sesuai (Manurang & Mahadi, 2022) yang menambahkan dibutuhkan pemanasan cetakan agar cetakan dapat menghasilkan produk yang sempurna.

Dengan durasi satu jam operasional dapat dihasilkan 2 biji barbel. Kapasitas tersebut didukung oleh alat penghancur pasir silika 15 kg yang mampu memproses limbah inti cor dalam waktu singkat, sehingga tidak terjadi penumpukan (*bottleneck*) pada alur kerja. Estimasi biaya dan waktu proses pembuatan 1 unit barbel sebagaimana Tabel 1.

**Tabel 1.** Estimasi Biaya Produksi dan Waktu Pembuatan 1 Unit Barbel 5 kg.

No.	Tahapan Proses	Biaya Produksi (Rp)	Durasi Proses (Menit)
1	Desain Barbel 5 kg	2.000	2
2	Desain cetakan pasir	2.000	2
3	pembuatan cetakan pasir untuk sekali cetak diperoleh 2 unit	6.000	5
4	Penyiapan tenaga kerja	3.000	2
5	Penyiapan bahan baku besi cor, kokas, batu kapur, ladell/kowi pembawa, penuang besi cor cair ke dalam cetakan, dan perekat/ <i>binder</i>	12.000	3
6	Peleburan besi cor	8.000	5
7	Penuangan besi cor ke dalam cetakan yang telah dipanaskan	4.000	2

8	Pembongkaran cetakan dan pemotoangn mangkok tuang dan riser	4.000	2
9	Pemeriksaan berat barbel dan koreksinya	3.000	3
10	<i>Finishing</i> dengan semprot cat warna sesuai pesanan	4000	2
11	Pemeriksaan mutu dan dimensi, dan pengemasan	2000	2
	<b>Jumlah</b>	<b>50.000</b>	<b>30</b>
	Pajak 10%	5.000	
	Laba 15%	7.500	
	<b>Total/Harga jual/unit</b>	<b>62.500</b>	

Pembahasan hasil produksi ini mengungkap bahwa sinergi antara teknologi desain digital dan pemilihan metode cetakan permanen adalah kunci utama dalam mencapai produktivitas tinggi. Meskipun cetakan permanen memerlukan biaya awal yang lebih besar, efisiensi waktu yang dihasilkan jauh melampaui teknik pengecoran tradisional. Keamanan desain yang dibuktikan melalui analisis FoS memberikan jaminan keberlangsungan produksi tanpa seringnya penggantian alat (Aditya, 2026). Pernyataan ini menegaskan penggunaan cetakan permanen lebih efisien daripada metode tradisional. Namun, aspek teknis ini harus diimbangi dengan aspek bahan; penggunaan bentonit sebagai pengikat pada pasir silika harus dikontrol kadar airnya agar tidak menimbulkan cacat gas saat logam panas masuk ke cetakan. Selain itu, efektivitas produksi secara keseluruhan sangat bergantung pada disiplin pekerja. Tanpa penerapan program K3 yang konsisten, risiko penghentian produksi akibat kecelakaan kerja tetap tinggi, yang pada akhirnya dapat mengganggu target pencapaian 2 biji/jam.

Produksi ini memiliki keterbatasan pada cakupan simulasi statik yang belum melibatkan variabel kelelahan bahan (*fatigue*) akibat siklus panas-dingin yang berulang dalam jangka panjang pada cetakan permanen. Selain itu, estimasi kapasitas produksi 2 biji/jam diasumsikan pada kondisi aliran logam yang stabil dari tungku, sehingga fluktuasi kecepatan peleburan logam belum diperhitungkan secara mendalam. Komposisi campuran silika-bentonit juga terbatas pada variasi yang dilakukan dalam skala laboratorium, sehingga perilaku bahan cetakan ini pada produksi non-stop selama 8 jam kerja mungkin menunjukkan karakteristik keausan yang berbeda (Massa dkk., 2025) yang menunjukkan beberapa kemungkinan yang terjadi pada bahan.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil produksi Barbel berupa 2 unit sekali cetak dengan berat 5 kg  $\pm$  20 g berukuran panjang 23 cm dan diameter pegangan 3 cm x 13 cm, diameter beban barbel 9 cm, biaya produksi Rp 50.000/unit, dan durasi 30 menit/unit yang berimplikasi produksi Barbel layak dilaksanakan oleh industri/usaha menengah ke atas, karena memerlukan modal yang cukup terutama untuk biaya dapur Kupola.

Saran tindak lanjut atas simpulan adalah usaha pengecoran logam ada baiknya dibentuk berupa koperasi, sehingga modal untuk memiliki dapur Kupola yang berharga relatif mahal bisa ditanggung bersama dan kontinuitas produksi lebih stabil dengan fluktuasinya pesanan dari tiap anggotanya.

#### DAFTAR REFERENSI

- Aditya, I. (2026). Analisis Statik Suspension Corong Calmp Bracket dengan Metode Pengecoran Logam Permanent Mold Casting Logam di PT. Putra Pandawa Yudhistira. *Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 2(1), 482-492. <https://publikasi.ahlalkamal.com/index.php/sinergi>
- Akbar, P., Muhamadin, R. & Nuha, A. (2025). Proses Manufaktur Roll Gilingan Tebu Menggunakan Metode Pengecoran Logam. *Jurnal ENiGMA*, 2(2), 117-124.
- Andika, A. T. & Subekti, P. (2022). Analisis Jenis-jenis Teknik Pengecoran Logam Berdasarkan Jenis Cetakannya. *Jurnal Energi dan Inovasi Teknologi*, 1(2), 17-20.
- Andika, N., Pane, R. & Sudiyanto, A. (2021). Proses Pengecoran dan Manufaktur Logam. *Journal of Metallurgical Engineering and Processing Technology*, 1(2), 123-130. <http://jurnal.upnyk.ac.id/index.php/jmept/article/view/5045>
- Cahyono, A. D., Prabowo, A. B., Burhanudin, A. & Ma'mun, H. (2022). Analisa Keausan Besi Cor Kelabu dan Alumunium  $Al_2O_3$  dengan Pelumas SAE 40 Menggunakan Alat Uji Tribology Pin on Disc. *Quantum Teknika: Jurnal Teknik Mesin Terapan*, 3(2), 79-81. <https://doi.org/10.18196/jqt.v3i2.14175>
- Daryanto, T., Atina, V. Z., Mahmudi, A. Y., Syamsudin, A., & Nurdin, A. (2023). Diseminasi Program Kesehatan dan Keselamatan Kerja di Lingkungan Industri Pengecoran Logam. *Jurnal Abdi Masya*, 4(2), 1-8. <https://jurnal.sttw.ac.id/index.php/abma/article/view/257>  
**DISEMINASI**
- Fahmi, M. H. & Zamrudny, W. (2021). Studi Literatur Pengaruh Kuat Arus, Tegangan, Suhu dan Waktu terhadap Pelapisan Logam dengan Metode Electroplating. *Distilat Jurnal Teknologi Separasi*, 7(2), 406-413.
- Hapsari, Y. T., Marfuah, H. H. & Kurniawanti. (2023). Perancangan Tata Letak Fasilitas Produksi Pengecoran Logam di UKM Logam. *Jurnal Rekayasa Industri (JRI)*, 5(1), 53-59. <https://ejournal.widyamataram.ac.id/index.php/JRI/article/view/833/409>
- Haris, E., Van Gunawan, L., Luthfi, M. & Rakhman, A. (2024). Analisis Pengaruh Suhu Preheating 125°C, 150°C dan 200°C Hasil Pengecoran Logam terhadap Terjadinya *Hot Tearing* Menggunakan Material Alumunium 6061. *Journal of Applied Mechanical Engineering and Renewable Energy*, 4(1), 15-21. <https://doi.org/10.52158/jamere.v4i1.783>
- Irawan, S. & Hermanto, B. (2023). Analisa Kegagalan Inti Cetakan Jenis SKD 61 pada Proses Peleburan dengan Cara Diecasting. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 12(1), 150 halaman awal-akhir??. <https://doi.org/10.46930/tekniksipil.v12i1.3720>
- Manurang, F. F. & Mahadi. (2022). Studi Eksperimental Pengaruh Variasi Temperatur Pemanasan Awal Cetakan Horizontal Centrifugal Casting pada Pengecoran Al-Si terhadap Sifat Mekanik dan Cacat Coran. *Jurnal Dinamis*, 10(2), 46-52.
- Massa, P. N. D., Kononis, E. P. A., Nathanael, R. A., Iwanto, A., Purba, L. P., & Nurhayati, L.

- (2025). Penerapan Pengecoran Logam Aluminium Menggunakan Cetakan Alternatif Campuran Silika dan Bentonit. *Industrial & System Engineering Journals (ISEJOU)*, 3(1), 242-252. <https://doi.org/10.37477/isejou.v3i1.737>
- Muhsin, A. (2016). Analisis Performansi Departemen Machinning Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE). *Jurnal OPSI (Optimasi Sistem Industri)*, 9(1), 16-23. <https://doi.org/10.31315/opsi.v9i01.2170>
- Mulyojati, P. A. M. & Yuamita, F. (2023). Analisis Potensi Bahaya Kerja pada Proses Pencetakan Pengecoran Logam Menggunakan Metode Job Safety Analysis (JSA). *Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri Terapan*, 2(2), 90-97. <https://doi.org/10.55826/tmit.v2i2.141>
- Mulyanto, T., Supriyono & Herman, R. (2021). Perancangan Alat Penghancur Cetakan Pasir Silika untuk Laboratorium Pengecoran Logam. *Jurnal Ilmiah Teknologi dan Rekayasa*, 26(3), 183–191.
- Murnawan, H., Hartatik, N. & Wati, P. E. D. K. (2020). Peningkatan Kualitas dan Produktivitas Produk Pengecoran Logam dengan Penataan Ulang Fasilitas Produksi. *JPP IPTEK (Jurnal Pengabdian dan Penerapan IPTEK)*, 4(1), 35-42. <https://doi.org/10.31284/j.jpp-iptek.2020.v4i1.558>
- Nadi, M. R. G., Ruskandi, C., Siswanto, A. & Koswara, E. (2022). Pendekatan Hukum Stokes pada Proses Terjadinya Slag untuk Meningkatkan Efektifitas Pembersihan Cairan Logam pada Proses Peleburan Besi Cor. *Indonesian Journal of Applied Physics*, 12(2), 188. <https://doi.org/10.13057/ijap.v12i2.57997>
- Ningsih, P. D. R., Umar, M. L., Bhisma, P., Hanafi, A. F. & Eko, R. (2024). Variasi Media Pendingin Proses Pengecoran terhadap Kekuatan Material dan Struktur Mikro pada Pengecoran Aluminium ADC12. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 7(2), 343–347.
- Nurfajrie, M. R., Tamimi, F., Sipahutar, D. A., Dinata, A. S. & Hermanto, T. (2024). Pembuatan Gagang Sendok Bayi Menggunakan Teknik Pengecoran Logam Metode Sand Casting. *IRA Jurnal Teknik Mesin dan Aplikasinya (IRAJTMA)*, 3(2), 15-19.
- Saputra, A. R. D., Gundara, G., Pratama, D. F. & Rachman, F. F. (2025). Pengaruh Jenis Scrap Besi sebagai Bahan Utama Pengecoran Logam terhadap Komposisi dan Kekerasan Besi Cor. *Journal of Energy, Materials, & Manufacturing Technology (JEMMTEC)*, 04(01), 30-35.
- Sembiring, P., Girsang, E. R., Ginting, D. P. & Hermanto, T. (2024). Proses Pengecoran Logam Menggunakan Media Cetakan Plastisin dengan Bahan Timah. *IRA Jurnal Teknik Mesin dan Aplikasinya (IRAJTMA)*, 3(2), 48-53. <https://doi.org/10.56862/irajtma.v3i2.117>
- Styono, G. (2024). Teknik Seni Cor Logam Tradisional Bejjong sebagai Identitas Seni Budaya Nusantara. *Jurnal Budaya Nusantara*, 7(1), 8-17. <https://doi.org/10.36456/jbn.vol7.no1.9650>
- Widyansyah, F., Mabruhi, E. & Alfirano, A. (2023). Pengaruh Temperatur Austempering terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Besi Cor Kelabu dengan Nikel 10% untuk Komponen Boiler PLTU. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 14(3), 1023-1031. <https://doi.org/10.21776/jrm.v14i3.1650>
- Wisnujati, A., Yusuf, M. & Fatimah, D. (2021). Karakterisasi Hasil Quenching Besi Cor pada Manufaktur Roda Gigi Mesin Tenun. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 10(1), 61-67. <https://doi.org/10.24127/trb.v10i1.1494>

Yusuf, A., Soemowidagdo, A. L., Surahmanto, F., Setyawan, J. T., & Wulida, S. N. (2024). Pelatihan Pembuatan Pola Menggunakan 3D Printing untuk Praktikum Pengecoran di Smk Muhammadiyah 1 Bantul. *As-Sidanah : Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 6(2), 302–316. <https://doi.org/10.35316/assidanah.v6i2.302-316>